

1999-07-28

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.
CONCRETOS. ESPECIFICACIONES PARA EL USO
DE MICROSÍLICA COMO ADICIÓN EN MORTERO
Y CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO**



E: STANDARD SPECIFICATION FOR SILICA FUME FOR USE AS A MINERAL ADMIXTURE IN HYDRAULIC - CEMENT CONCRETE, MORTAR, AND GROUT.

CORRESPONDENCIA: esta norma es equivalente (EQV) a la ASTM C 1240

DESCRIPTORES: concretos; adición; microsíllica.

I.C.S.: 91.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 4637 fue ratificada por el Consejo Directivo de 1999-07-28.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 369901 “Concreto, mortero y agregados” a cargo de la STN: ASOCRETO.

ASOCRETO
ATECON
BASF QUÍMICA
CASTRO TCHERASSI
CIIT – HOLDERBANK
ESCUELA MILITAR DE CADETES

GRUPO DIAMANTE SAMPER
MBT
SIKA ANDINA S.A.
TUBESA S.A.
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA
GRANADA

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

AGRECON S.A.
ASOGRAVAS
COMPAÑÍA DE CEMENTOS ARGOS
CONCRETO
CONCRELAB
CONCRETOS DE OCCIDENTE
CONINSA
CONSTRUCTORA COLPATRIA
CONTECON – URBAR
DIEGO SÁNCHEZ DE GUZMAN
E.A.A.B.
ECOPETROL
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA
GRUPO POA
ICPC

INGENIESA S.A.
INGENIERÍA DEL CONCRETO
MANUFACTURAS DE CEMENTO TITÁN
METROCONCRETO
PREMEZCLADOS S.A.
PROYECTOS & DISEÑOS
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO
TOXEMENT S.A.
UNIVERSIDAD AGRARIA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
UNIVERSIDAD JAVERIANA
UNIVERSIDAD NACIONAL
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.
CONCRETOS. ESPECIFICACIONES PARA EL USO DE MICROSÍLICA
COMO ADICIÓN EN MORTERO Y CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO**

1. OBJETO

1.1 Esta norma cubre la microsíllica para el uso en concreto y otros sistemas que contengan cemento hidráulico.

1.2 En los casos de lodo de microsíllica, esta norma informa los ensayos para microsíllica tomada como materia prima para la fabricación de dichos productos.

1.3 Las unidades están dadas de acuerdo con lo establecido en la NTC 1000 (ISO 1000).

1.4 Esta norma no pretende dar todos los cuidados de seguridad si es que hay alguno asociado con la norma. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas adecuadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias de su uso.

2. NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

Las siguientes normas contienen disposiciones que mediante la referencia dentro de este texto, constituyen la integridad de esta norma. En el momento de la publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización; los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación:

NTC 108:1998, Ingeniería civil y arquitectura. Cementos. Extracción de muestras y determinación del número de ensayos para el cemento hidráulico.

NTC 184:1967, Cementos hidráulicos. Métodos de análisis químicos (ASTM C114).

NTC 220:1998, Ingeniería civil y arquitectura. Cementos. Determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50 mm o 50,8 mm de lado (ASTM C109).

NTC 224:1995, Ingeniería civil y arquitectura. Método para determinar el contenido de aire en morteros de cemento hidráulico (ASTM C185).

NTC 294:1998, Ingeniería civil y arquitectura. Cementos. Método para determinar la finura de cemento hidráulico sobre el tamiz de 45 µm (No. 325) (ASTM C430).

NTC 385:1978, Hormigón y sus agregados. Terminología (ASTM C125).
NTC 1000:1993, Metrología. Sistema Internacional de Unidades (ISO 1000).

NTC 3330:1992, Ingeniería civil y arquitectura. Cementos. Método para determinar el cambio longitudinal de morteros de cemento hidráulico expuestos a una solución de sulfatos (ASTM C1012).

NTC 3823:1997, Ingeniería civil y arquitectura. Muestreo y ensayo de cenizas volantes o puzolanas naturales para uso como aditivo mineral en el concreto de cemento Pórtland (ASTM C311).

ASTM C157:1993, Standard Test Method Length Change of Hardened Hydraulic Cement Mortar and Concrete.

ASTM C219:1998, Standard Terminology Relating to Hydraulic Cement.

ASTM C441:1997, Standard Test Method for Effectiveness of Mineral Admixtures or Ground Blast Furnace Slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali-Silica Reaction.

ASTM C670:1996, Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials.

ASTM C1069:1997, Standard Test Method for Specific Surface Area of Alumina or Quartz by Nitrogen Adsorption.

3. TERMINOLOGÍA

3.1 DEFINICIONES

3.1.1 Microsílica: material puzolánico muy fino, compuesto principalmente por sílice amorfa producida por un horno de arco eléctrico como subproducto en la elaboración de sílice elemental o aleaciones ferro - silíceas (también conocida como humo de sílice condensado y microsíllica).

3.1.2 Otros términos empleados en esta especificación son definidos en la NTC 385 (ASTM C125) y la norma ASTM C219.

4. INFORMACIÓN PARA LA COMPRA

4.1 El comprador debe especificar cualquier requisito químico o físico opcional.

5. COMPOSICIÓN QUÍMICA

5.1 La microsíllica debe cumplir con los requisitos de composición química indicados en la Tabla 1. La Tabla 2 establece un requisito químico opcional.

Tabla 1. Requisitos Químicos

SiO ₂ , min, %	85,0
Contenido de humedad, máx, %	3,0
Pérdida por ignición, máx, %	6,0

Tabla 2. Requisitos Químicos Opcionales^A

Alcalis presentes como Na ₂ O, máx, % ^B	1,5
---	-----

^A Aplicable únicamente cuando sea requerida específicamente por el comprador.

^B Aplicable en microsíllica para ser utilizada en concreto que tenga agregado reactivo con cemento que deba cumplir con una limitación en el contenido de álcalis.

6. REQUISITOS FÍSICOS

6.1 La microsíllica debe cumplir con los requisitos físicos indicados en la Tabla 3. Otros requisitos físicos opcionales son dados en la Tabla 4.

Tabla 3. Requisitos Físicos

Sobretamaño:	
Porcentaje retenido en el tamiz de 45µm (No. 325), máximo, % ^A	10
Porcentaje retenido en el tamiz de 45µm (No. 325), máxima variación del promedio, puntos porcentaje ^B	5
Índice de actividad puzolánica acelerada: ^C	
Con Cemento Pórtland a 7 d mínimo porcentaje del testigo	85

^A Se debe tener precaución de evitar la retención de aglomeraciones de material extremadamente fino.

^B El promedio debe ser tomado sobre los últimos diez ensayos realizados ó sobre el número disponible si son menos de diez

^C El índice de reactividad puzolánica acelerada no se considera como una medida de la resistencia a compresión del concreto que contiene microsíllica. Es una medida de la reactividad de una determinada microsíllica con un cemento dado y puede variar con la fuente tanto del cemento como de la microsíllica.

Tabla 4. Requisitos Físicos Opcionales^A

Aumento en la medida de contracción por secado de barras de mortero testigo a 28 d, máxima diferencia porcentual	0,10
Superficie específica mínima, m ² /g	15
Requisitos de uniformidad: Cuando sea especificado concreto con aire incorporado, la cantidad del agente incorporador de aire requerido para producir un contenido de aire del 18,0 % en volumen de mortero, no debe variar de un promedio establecido por los diez ensayos precedentes o por el promedio de todos los ensayos precedentes si se hicieron menos de diez, en más de, %	20
Reactividad con álcalis del cemento: ^B Reducción de expansión de mortero a 14 d, min, %	80
Resistencia a sulfatos medida por expansión: ^C (Resistencia moderada) 6 meses, máx, % (Alta resistencia) 6 meses, máx, % (Muy alta resistencia) 1 año, máx, %	0,10 0,05 0,05

^A Sólo cuando el comprador lo requiere

^B Los ensayos indicados para reactividad con álcalis del cemento no se solicitan a menos que el material vaya a ser utilizado con agregado asociado con material que genere reacciones destructivas con álcalis del cemento hidráulico. El ensayo para reducción de expansión del mortero puede ser llevado a cabo con un cemento de alto contenido de álcali de acuerdo con los métodos de ensayo indicados en la NTC 3823 (ASTM C 311), si el cemento por utilizar en el trabajo no es conocido o no está disponible al momento de hacer el ensayo. El ensayo para expansión del mortero es realizado para cada cemento de alto contenido de álcali por ser utilizado en la obra.

^C Es especificado sólo un límite.

7. MUESTREO

7.1 Cuando el comprador desee que de la microsílca se haga un muestreo y se ensaye para verificar el cumplimiento de ésta norma, el muestreo y los ensayos se deben efectuar de acuerdo con la práctica de la NTC 108 (ASTM C 183), modificándola como se indica en el numeral 7.3.

Nota 1. Se debe tener precaución en la interpretación de la NTC 108 (ASTM C 183), puesto que existe una diferencia entre la fabricación continua de cemento hidráulico y la producción y recolección de microsílca. En gran parte la forma de almacenamiento está determinada por el diseño del sistema de recolección de microsílca. En los sistemas de recolección de microsílca, puede no haber puntos de muestreo, ni lugar para las prácticas.

7.2 La NTC 108 (ASTM C 183), como fue modificada, no está diseñada para control de calidad de fabricación y no es requisito para la certificación del fabricante.

7.3 La siguiente modificación de la NTC 108 (ASTM C 183), es necesaria para hacerla aplicable a la microsílca.

7.3.1 Se reemplazan las palabras “cemento hidráulico” y “cemento” por “microsílca” cada vez que aparezcan en el texto.

7.3.2 Todas las muestras, ya sean simples o compuestas, deben tener una masa de por lo menos 1 kg.

7.3.3 Cuando se exija el cumplimiento con ensayos de verificación de microsilica para ser realizados en un laboratorio diferente al del fabricante o distribuidor de microsilica, se coordina entre el fabricante, el comprador y el laboratorio los siguientes aspectos: horario de muestreo, tiempo de transporte de la muestra y programación de ensayos de la muestra tomada, de manera que los resultados de los ensayos estén disponibles cuando la decisión de aceptación o rechazo de la microsilica deba ser tomada.

7.3.4 La sección titulada “muestreo” se modifica como sigue:

7.3.4.1 Se toman dos muestras simples o compuestas para los primeros 100 Mg de microsilica. Se toma una muestra simple o compuesta por cada lote de 100 Mg de microsilica subsiguiente. En cualquier programa de muestreo se deben tomar por lo menos dos muestras.

7.3.4.2 Del almacenamiento a granel en los puntos de descarga se retira la microsilica de las aberturas de descarga en una corriente estable hasta completar el tamaño requerido de la muestra. Se toma la muestra a intervalos tales que por lo menos se cumplan los requisitos de muestreo indicados en el numeral 7.3.4.1, mientras la microsilica está fluyendo a través de las aberturas.

7.3.5 La sección titulada “cantidad de ensayos” se modifica suprimiendo el primer párrafo titulado: “general”.

8. FRECUENCIA DE ENSAYOS

8.1 Se ensayan cada una de las muestras que representan cada lote de 100 Mg para los siguientes parámetros:

8.1.1 Contenido de humedad

8.1.2 Pérdida por ignición

8.1.3 Fracción retenida en el tamiz de 45µm (No. 325)

8.2 Se hacen todas las otras determinaciones químicas y ensayos físicos en muestras compuestas de manera que cada una represente lotes de no más de 400 Mg. Se prepara cada muestra compuesta por la combinación de porciones de muestras que representen cada una lotes de 100 Mg, de manera que cada 100 Mg sean representados equitativamente.

9. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

9.1 Se preparan las muestras compuestas para los ensayos, como se indica en el numeral 8, mediante el arreglo en grupos de todas las muestras, de manera que cada grupo represente la cantidad de Megagramos requerida por el ensayo o ensayos para lo(s) cual(es) fue(ron) tomada(s) la(s) muestra(s). Para cada una de las muestras en un grupo, se toman porciones iguales, en cantidad suficiente para formar una muestra compuesta de tamaño adecuado que permita realizar las determinaciones químicas y los ensayos físicos requeridos.

9.2 Antes de hacer los ensayos, se homogeneizan completamente tanto las muestras simples como las muestras compuestas. Una mezcladora de laboratorio que se encuentre seca y limpia cumple adecuadamente con el propósito de homogenización requerida. Se tiene cuidado de limitar el volumen de microsilica en un rango entre 10 % y 50 % de la capacidad en volumen de la mezcladora. Se puede cubrir la abertura de la mezcladora con un plástico

asegurado con una banda de caucho para mantener el material dentro del recipiente de mezcla. El tiempo límite de mezclado es de 5 min \pm 1 min.

9.2.1 Cuando una muestra sea demasiado pequeña para utilizar una mezcladora de concreto, se utiliza una bolsa de plástico grueso, de una capacidad de por lo menos cinco veces el volumen de la muestra, con el fin de efectuar la homogenización en ella. Después de colocar la muestra dentro de la bolsa se cierra la abertura y se mezcla el material rodando o agitando la bolsa durante 5 min \pm 1 min.

9.3 Se toma el material para ensayos específicos de la muestra homogenizada mediante el uso de un dispositivo de muestreo (tubo de muestreo, cuchara, etc.) de tamaño apropiado para hacer el espécimen de ensayo. Se hace este espécimen de ensayo de al menos seis submuestras aleatorias.

10. DIÓXIDO DE SÍLICE

10.1 MÉTODO DE REFERENCIA

Se utiliza el método de referencia indicado en la NTC 184 (ASTM C 114) para cementos con residuo insoluble mayor del 1 %

11. CONTENIDO DE HUMEDAD, PÉRDIDA POR IGNICIÓN Y CONTENIDO DE ÁLCALIS

11.1 Se hacen estas determinaciones siguiendo lo indicado, en la NTC 3823 (ASTM C 311).

MÉTODOS DE ENSAYO - ENSAYOS FÍSICOS

12. DENSIDAD

12.1 EQUIPO

12.1.1 Dos balones volumétricos de 500 ml, clase A

12.1.2 Balanza con una precisión de al menos 0,01 g.

12.1.3 Baño de temperatura constante con regulación de \pm 0,5 °C

12.2 AGUA DESIONIZADA

12.3 PROCEDIMIENTO

12.3.1 Se determina la densidad de los materiales como fueron recibidos, a menos que se especifique algo diferente, como se indica a continuación. Si se requiere la determinación de la densidad de una muestra incinerada, primero se incinera la muestra como se describe en el ensayo de pérdida por ignición en la sección correspondiente dada en la NTC 184 (ASTM C114).

12.3.2 Se pesa, con una precisión de 0,01 g, un balón volumétrico clase A de 500 ml (W_f). Se adicionan 30 g de microsíllica. Se pesa nuevamente el balón con su contenido, con una precisión de 0,01 g (W_a). Se agrega agua al balón hasta la mitad de su capacidad y se agita para asegurar el humedecimiento de todo el material. Se llena con agua hasta la marca. Las burbujas de aire pueden ser eliminadas mediante agitación en intervalos de 15 min hasta que el líquido esté libre de aire o aplicando vacío al balón. Luego de remover todas las burbujas de aire se coloca el balón en un baño a temperatura constante de $23\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ hasta que su contenido alcance una temperatura constante. Se retira el balón del baño de agua, inmediatamente se adiciona o se remueve agua a la misma temperatura de manera que el menisco coincida con la marca del balón. Se seca el exterior del balón y se pesa junto con su contenido (W_a).

12.3.3 Se desocupa, se limpia y se pesa el balón volumétrico de 500 ml, utilizado anteriormente, se llena hasta la marca con agua a temperatura estable de $23\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ (W_t).

12.4 CÁLCULOS

$$D_{sf} = \frac{(W_a - W_f)}{500\text{ ml} - [(W_s - W_a) / D_w]} \quad (1)$$

Donde:

D_{sf}	=	densidad de la microsíllica, en $\text{Mg/m}^3 = \text{g/ml}$.
W_f	=	masa del balón volumétrico de 500 ml, en g.
W_a	=	masa del balón volumétrico de 500 ml más 30 g (aproximadamente) de microsíllica, en g.
W_s	=	masa del balón volumétrico de 500 ml más microsíllica más agua hasta la marca, en g.
W_t	=	masa del balón volumétrico de 500 ml más agua hasta la marca, en g.
D_w	=	$(W_t - W_f) / 500\text{ ml}$, en $\text{Mg/m}^3 = \text{g/ml}$.

12.5 Informar el promedio de dos determinaciones de densidad.

13. SOBRETAMAÑO DEL MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ DE 45mm (No. 325) MEDIANTE TAMIZADO HÚMEDO

13.1 Se utiliza el método de ensayo de la NTC 294 (ASTM C430).

Nota 2. El material retenido en el tamiz de $45\mu\text{m}$ es utilizado para determinar la cantidad de material contaminante. (Véase el Anexo B)

14. SUPERFICIE ESPECÍFICA

14.1 Se determina la superficie específica mediante el método de adsorción de nitrógeno, BET, de acuerdo con el método de ensayo de la norma ASTM C1069

15. AUMENTO EN LA MEDIDA DE CONTRACCIÓN POR SECADO DE BARRAS DE MORTERO

15.1 Se utilizan los métodos de ensayo de la NTC 3823 (ASTM C311) y la norma ASTM C157, se reemplazan las mezclas de ensayo y testigo como se indica a continuación:

	Mezcla testigo	Mezcla de ensayo
Cemento Pórtland, g	500	500
Microsílica, g	nada	50
Arena de Ottawa gradada, g	1 375	1 325
Agua, ml	suficiente para producir una fluidez de 100 % a 115 %	

15.2 Se determina la fluidez de acuerdo con la NTC 220 (ASTM C 109).

15.3 No se usan reductores de agua.

16. INCORPORADOR DE AIRE PARA MORTERO

16.1 Se siguen las instrucciones aplicables de los métodos de ensayo de la NTC 3823 (ASTM C311), excepto que se debe utilizar la siguiente mezcla de ensayo y ecuación para W_c

	Mezcla de ensayo
Cemento Pórtland, g	300
Microsílica, g	30
Arena normalizada 20-30 de Ottawa, g	1 170
Agua, ml, suficiente para producir una fluidez de 80 % a 95 %	Y
Incorporador de aire en cantidad suficiente (ml) para producir un contenido de aire de 18 % ± 3 %	Z

$$W_c = \frac{300+1170+30+(300 \times P \times 0,01)}{\frac{300}{D_c} + \frac{1170}{2,65} + \left(\frac{30}{D_s}\right) + \left[\frac{(300 \times P \times 0,01)}{1}\right]} \quad (2)$$

Luego se calcula:

$$\text{Contenido de aire, \% en volumen} = 100 \left[1 - \left(\frac{W_a}{W_c} \right) \right] W_a = \frac{W}{400} \quad (3)$$

Donde:

W_a	=	masa real por unidad de volumen de mortero como se determina en el método de ensayo de la NTC 224 (ASTM C 185), en g/ml.
W	=	masa de los 400 ml de mortero (véase el método de ensayo de la NTC 224 (ASTM C 185), en g.
W_c	=	masa teórica por unidad de volumen, calculada con base libre de aire y utilizando los valores de densidad y cantidades de los materiales en la mezcla, en g/ml.
P	=	porcentaje de agua de la mezcla más solución de aditivo incorporador de aire con respecto a la masa del cemento.
D_s	=	densidad de la microsíllica utilizada en la mezcla, en Mg/m ³ .
D_c	=	densidad del cemento en Mg/m ³

16.2 Se determina la fluidez de acuerdo con las instrucciones del método de ensayo de la NTC 220 (ASTM C109).

17. INDICE DE ACTIVIDAD PUZOLÁNICA ACELERADA CON CEMENTO PÓRTLAND

17.1 Se utiliza la sección aplicable del índice de actividad de esfuerzo con cemento Pórtland, de la NTC 3823 (ASTM C311) haciendo los siguientes cambios:

17.1.1 Mezcla testigo

- (1) 250 g de cemento Pórtland.
- (2) 687,5 g de arena gradada normalizada.
- (3) 121 ml de agua.

17.1.2 Mezcla de ensayo

- (1) 225 g de cemento Pórtland.
- (2) 25 g de microsíllica.
- (3) 687,5 g de arena gradada normalizada.
- (4) Y ml de agua requerida para producir una fluidez de 100 % a 115 %.

17.1.3 Se determina la fluidez de acuerdo con las instrucciones aplicables del método de ensayo de la NTC 220 (ASTM C109).

17.1.4 Almacenamiento de los especímenes

Después de 24 h de curado inicial en el cuarto húmedo (23 °C ± 1,7 °C y humedad relativa no menor del 95 %), se colocan los cubos en un recipiente de vidrio que impida la entrada y salida de aire y se almacenan a 65 °C ± 1,7 °C por 6 d.

17.1.5 Se determina la resistencia a la compresión tal como se especifica en el método de ensayo de la NTC 220 (ASTM C 109), de los tres especímenes de las mezclas testigo y de ensayo a los 7 d de haber sido desmoldados.

18. REACTIVIDAD CON LOS ÁLCALIS DEL CEMENTO

18.1 Se determina la reducción en la expansión del mortero de acuerdo con lo indicado en el método de ensayo de la norma ASTM C 441, excepto que la cantidad de microsíllica en la mezcla de ensayo debe ser 10 % en masa del material cementante.

19. RESISTENCIA A LOS SULFATOS

19.1 Se determina la resistencia a los sulfatos de acuerdo con lo indicado en el método de ensayo de la NTC 3330 (ASTM C 1012), excepto que la cantidad de microsíllica en la mezcla de ensayo es 10 % en masa del material cementante.

20. INFORME

20.1 El informe debe incluir lo siguiente:

20.1.1 Contenido de SiO₂ en porcentaje.

20.1.2 Contenido de humedad en %

20.1.3 Pérdida por ignición en %

20.1.4 Sobretamaño en %.

20.1.5 Densidad a granel en Mg/m³

20.1.6 Densidad en Mg/m³

20.1.7 Nombre del fabricante y marca si es aplicable.

20.1.8 Índice de actividad puzolánica acelerada.

20.2 Se indica la siguiente información cuando el comprador lo solicite.

20.2.1 Alcalis disponibles como equivalentes Na₂O, en %

20.2.2 Aumento en la medida de contracción por secado de muestras testigo, en %

20.2.3 Superficie específica, en m²/g

20.2.4 Cantidad de agente incorporador de aire en comparación con los diez ensayos precedentes, en %

20.2.5 Reducción de expansión de mortero, en %

20.2.6 Resistencia a los sulfatos medida por expansión, en %

21. PRECISIÓN Y SESGO

21.1 PRECISIÓN

21.1.1 Ensayo de índice de actividad puzolánica acelerada

21.1.1.1 Precisión con un sólo operario. Se ha encontrado que la desviación estándar en el resultado de un único ensayo (el resultado de un ensayo esta definido en esta especificación como el promedio de dos mediciones separadas) con un sólo operario es de 5,7 %.¹ En consecuencia, los resultados de dos ensayos apropiadamente realizados por el mismo operario no pueden diferir en más de 16,3 %¹

20.1.1.2 Precisión en ensayos interlaboratorio. Se ha encontrado que la desviación estándar en el resultado de un único ensayo (el resultado de un ensayo esta definido en esta especificación como el promedio de dos mediciones separadas) interlaboratorio es de 7,5%.¹ En consecuencia, los resultados de dos ensayos apropiadamente realizados en diferentes laboratorios con la misma microsíllica y cemento no pueden diferir en más de 21,3 %¹

21.1.2 Ensayo de densidad

21.1.2.1 Precisión con un sólo operario: Se ha encontrado que la desviación estándar en el resultado de un único ensayo (el resultado de un ensayo esta definido en esta especificación como el promedio de dos mediciones separadas) con un sólo operario es de 0,035 Mg/m³.¹ En consecuencia, los resultados de dos ensayos apropiadamente realizados por el mismo operario no pueden diferir en más de 0,099 Mg/m³,¹ utilizando la misma microsíllica.

21.1.2.2 Precisión en ensayos interlaboratorio. Se ha encontrado que la desviación estándar en el resultado de un único ensayo (el resultado de un ensayo esta definido en esta especificación como el promedio de dos mediciones separadas) interlaboratorio es de 0,047 Mg/m³.¹ En consecuencia, los resultados de dos ensayos apropiadamente realizados por diferentes laboratorios con la misma microsíllica no pueden diferir de su promedio en más de 0,132 Mg/m³.¹

21.2 SESGO

Puesto que no hay material de referencia conducente a la determinación de la desviación en los procedimientos de medición del índice de actividad puzolánica acelerada y de la densidad no se especifica nada sobre este aspecto.

22. RECHAZO Y REPETICIÓN DE ENSAYOS

22.1 La microsíllica que no cumpla con los valores especificados en esta norma debe ser rechazada. El rechazo debe ser notificado por escrito a la mayor brevedad al fabricante o distribuidor. En caso de no estar de acuerdo con los resultados de los ensayos el fabricante o distribuidor puede solicitar su repetición.

¹ Estas mediciones representan, respectivamente, los límites (1s) y (d2s) como se describen en la práctica de la norma ASTM C670.

23. CERTIFICACIÓN

23.1 Debido a que el comprador puede solicitar, en el contrato de compra, una certificación del fabricante, ésta se debe emitir indicando los resultados y los ensayos hechos a las muestras de microsíllica tomadas durante la producción o transporte, indicando cuales requisitos de esta especificación han sido cumplidos.

24. EMPAQUE Y ETIQUETA DE EMPAQUE

24.1 Cuando la microsíllica sea empacada para su envío, cada empaque debe ser marcado con la siguiente información: nombre y marca del fabricante, fuente específica (proceso metalúrgico y crisol) y masa de microsíllica contenida. La información debe ir escrita en cada recibo de envío que acompaña el embarque cualquiera que sea su forma de presentación. Todos los paquetes deben estar en buenas condiciones en el momento de la inspección.

25. ALMACENAMIENTO E INSPECCIÓN

25.1 La microsíllica debe ser almacenada de manera tal que permita el acceso fácil para la inspección e identificación de cada embarque. Se debe proveer de instalaciones y ayudas adecuadas al comprador para la inspección y muestreo, ya sea en la fuente del material o en el lugar de trabajo, según él lo especifique.

DOCUMENTO DE REFERENCIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Silica Fume for Use as a Mineral Admixture in Hydraulic - Cement Concrete, Mortar, and Grout. Philadelphia, 1997, 6p (ASTM C 1240).

Anexo A (Informativo)**Contenido de sílice**

Dado que la cantidad de sílice en estado amorfo es una de las principales características que determina la actividad de la microsíllica, es importante el análisis químico para determinar el contenido de sílice. En la actualidad no hay materiales de referencia normalizados del Instituto Nacional de Normas y Tecnología (National Institute of Standards and Technology NIST) para microsíllica y los dióxidos de silicio (SiO_2) utilizados como referencia son los únicos materiales disponibles para normas instrumentales. Puesto que el contenido de sílice en esta norma está limitado al 85 % de SiO_2 o más, es adecuado hacer el análisis por absorción atómica (AA) empleando sílice en polvo (99,9 %) o sílice en bloque (93,94 %). Actualmente no hay problema en utilizar plasma emparejado inductivamente para el análisis de soluciones con altos porcentajes de sílice, igualmente no existen problemas de atascamiento por borato en el nebulizador. Otro problema se presenta cuando la fusión de borato de litio se disuelve en HCl porque parte del silicio vuelve a la fase sólida y queda en el filtro. Esto afecta el análisis de sílice total realizado por cualquier método instrumental que use este método de fusión. La técnica preferida es la de energía de rayos X dispersada (EDX) con métodos basados en rayos X. Esta técnica necesita material similar, una microsíllica, para comparación. El “método húmedo”, de fusión de carbonato de sodio, en el cual la sílice se recupera gravimétricamente como SiO_2 es el único método que por el momento no requiere normalización y produce resultados confiables.

Anexo B (Informativo)

Sobretamaño

La especificación del tamiz de 45 μ m (No. 325) es para ser utilizada en la determinación de la cantidad de impurezas presentes. Dado que la microsilica es mucho más fina que el cemento o las cenizas volantes, todas sus partículas pasan este tamiz a excepción de las impurezas. El material extremadamente fino tiende a formar aglomerados, por lo tanto se requiere de un buen criterio para diferenciar entre aglomerados fácilmente dispersables e impurezas.

Anexo C (Informativo)**Problema de proporcionamiento de mezcla para varias mezclas de ensayo**

Los métodos de ensayo como índice de actividad puzolánica con cemento Pórtland, reactividad con álcalis del cemento y resistencia a los sulfatos requieren mezclas donde la microsílca que está siendo ensayada reemplaza una cantidad dada de cemento. Para propósitos de la especificación se reemplaza el 10 % en masa de cemento por microsílca en lugar de lo que fue establecido en los presentes métodos. La especificación de relación de agua a materiales cementantes es reemplazada por una fluidez entre 100 % y 115 %. A medida que el porcentaje de microsílca aumenta la mezcla pierde trabajabilidad y se hace necesaria una mayor cantidad de agua o el uso de reductores de agua para mantener la trabajabilidad de la mezcla. La anterior limitación a las mezclas con un remplazo del 10 % en masa de cemento, hace que la adición de agua a una cierta fluidez se convierta en una alternativa viable, aunque la adición de reductores de agua probablemente produce un incremento en la resistencia. Dado que esta es una especificación, el interés está en la comparación de materiales bajo condiciones similares y no en una resistencia máxima.

Anexo D (Informativo)

Resistencia a los sulfatos

En mezclas de laboratorio se han obtenido reducciones de la expansión con niveles de remplazo con microsílca en niveles del 5 % al 15 %. Cada fuente de microsílca debe ser ensayada con cemento Pórtland de alto contenido de C_3A para establecer los niveles de remplazo apropiados para una resistencia a los sulfatos adecuada.